

## **Projekt wstępny modernizacji układu HVAC pomieszczeń biurowych firmy ASE z zastosowaniem magazynu energii cieplnej**

**Celem tej pracy jest przedstawienie nowoczesnych i ekologicznych rozwiązań technologicznych z dziedziny magazynowania energii oraz instalacji HVAC, a następnie dopasowanie jednego rozwiązania obejmującego magazyn energii współpracujący z nową instalacją HVAC planowaną w istniejących budynkach na terenie firmy ASE w Gdańsku.** Aby osiągnąć ten cel, należało opracować kilka koncepcji rozwiązań i wybrać jedną z nich po przeprowadzonej analizie zamieszczonej w niniejszej pracy oraz wykonać projekt wstępny bazujący na wybranej koncepcji. Zakres planowanej modernizacji obejmuje zastosowanie magazynu energii cieplnej oraz modyfikację istniejącego układu klimatyzacji.

Praca została podzielona na 2 etapy: teoretyczny oraz praktyczny. Na etapie teoretycznym przede wszystkim dokonano wprowadzenia w zakresie magazynowania energii, opisano 5 najpopularniejszych sposobów: elektrownie szczytowo-pompowe, akumulatory elektrochemiczne (baterie), magazyny wodoru, magazyny sprężonego powietrza, oraz magazyny ciepła (dalej TES), którym poświęcono najwięcej uwagi ze względu na tematykę pracy. Opisano również sposób działania oraz rozwiązania technologiczne pomp ciepła (oraz klimatyzatorów), systemów dostarczania ciepła do pomieszczeń w budynkach, tj. klimakonwektory (dalej FCU), ogrzewanie podłogowe czy grzejniki wodne.

Na drugi etap pracy składa się: przedstawienie i porównanie możliwych do zastosowania koncepcji na analizowanym terenie, oraz przygotowanie projektu wstępnego instalacji grzewczo-chłodzącej z wykorzystaniem TES. Natomiast, do opracowania koncepcji, najpierw było potrzebne przeanalizowanie aktualnego stanu energetycznego budynków znajdujących się na terenie firmy ASE. Przeanalizowano 2 koncepcje. Pierwsza koncepcja zakładała instalację sezonowego magazynu ciepła (dalej STES), dla której założeniem było naładowanie magazynu za pomocą pomp ciepła zasilanych energią elektryczną jedynie z paneli fotowoltaicznych w sezonie letnim, a następnie, rozładowanie STES w sezonie grzewczym celem ogrzania budynków biurowych na terenie firmy ASE. Pojemność energetyczna STES została dobrana tak, aby w pełni zapewnić energię cieplną do budynku przez cały sezon grzewczy przy założeniu, że straty będą wynosiły ok. 50%, tj. 290 MWh. Niestety, ostatecznie okazało się, że gabaryty STES o takiej pojemności cieplnej byłyby zdecydowanie większe niż akceptowalny obszar na realizację inwestycji. Prawdopodobnie rozwiązanie to mogłoby być godne rozważenia przy założeniu, że magazyn ciepła zostałby przykryty pokrywą, która mogłaby służyć jako pole parkingowe, natomiast zasilanie magazynu nie odbywałoby się za pomocą

pomp ciepła, a z wykorzystaniem kolektorów słonecznych, które mogą doprowadzić na danym obszarze więcej energii cieplnej niż panele fotowoltaiczne wraz z pompami ciepła. Koszt kolektorów byłby też na pewno niższy niż wykorzystanie pomp ciepła, jednakże byłoby to rozwiązanie sprzeczne ze wstępnymi założeniami projektowymi wymienionymi w karcie pracy dyplomowej. W związku z powyższym, opracowano drugą koncepcję, zakładającą wykorzystanie znacznie mniejszego, krótkoterminowego magazynu ciepła (dalej DTES). Ta koncepcja nie zakłada stosowania znacznych ilości fotowoltaiki do zasilania pomp ciepła, a zasilanie z sieci energoelektrycznej wykorzystując taryfę ze zmiennymi stawkami (w tym przypadku jest to taryfa B23, czyli taka, która posiada 3 stawki w ciągu doby). Założeniem tego rozwiązania jest ładowanie DTES w godzinach, gdy stawka jest najniższa, a rozładowanie następuje wtedy, gdy stawka jest środkowa, lub najwyższa. Koncepcja 2 wymaga również znacznie mniejszej maksymalnej mocy pomp ciepła niż koncepcja 1, co ma znaczący wpływ na koszt inwestycji.

Po doborze typu magazynu ciepła ze względu na czas magazynowania, dokonano badań nad dwoma mediami magazynującymi ciepło: wodą, która posiada wysokie ciepło właściwe i jest najskuteczniejsza w magazynowaniu ciepła jawnego oraz materiałem zmiennofazowym (PCM) wykorzystującym ciepło przemiany fazowej. Jako materiał PCM wykorzystano parafinę R-58, której temperatura przemiany fazowej wynosi ok. 60 °C. Z przeprowadzonych badań wynikało, że dla parafiny R-58 i magazynu energii o maksymalnej temperaturze 65 °C rzeczywiście możliwe jest zmagazynowanie większej ilości energii niż w przypadku wody przy tej samej objętości zbiornika. Problem jednak wystąpił przy całkowitym wypełnieniu TES parafiną. W trakcie rozładowywania magazynu, parafina zastygała wokół wymiennika zamieniając się w izolator ciepła. W rezultacie występowały trudności z oddaniem ciepła przez parafinę, która znajdowała się dalej od wymiennika. Aby uniknąć budowy wymiennika o bardzo dużej powierzchni wymiany ciepła (co w przypadku komercyjnego zastosowania skutkuje znacznym wzrostem kosztów inwestycyjnych), zdecydowano się na wykonanie miedzianych pastylek wypełnionych parafiną i zanurzenie ich w zbiorniku wodnym. Wniosek wyciągnięty z tychże badań jest następujący: wykorzystanie materiałów PCM jest godne uwagi lecz bardziej opłacalne może się okazać stworzenie szczelnych pastylek wypełnionych PCM i zanurzonych w standardowym buforze ciepła, niż budowa węzownicy o wystarczająco dużej powierzchni wymiany ciepła i dopasowanego do niej zbiornika wypełnionego PCM. Rozwiązanie wykorzystujące pastylki może się okazać konieczne w przypadku, gdy wyznaczona pojemność energetyczna zbiornika okaże się zbyt duża na zastosowanie najtańszego rozwiązania jakim jest standardowy bufor ciepła wypełniony jedynie wodą.

W związku z powyższym, decyzja o tym, czy w TES zostaną zastosowane pastylki PCM (czy też sama woda) została podjęta dopiero po wyznaczeniu odpowiedniej pojemności cieplnej magazynu oraz zwymiarowaniu obszaru wybranego na umiejscowienie TES oraz pomp ciepła.

Sprawdzono również możliwość otrzymania dofinansowania na instalację wyposażoną w PCM. Przeprowadzono analizę rynku, aby sprawdzić, czy istnieją już komercyjnie wykorzystywane rozwiązania tego rodzaju na krajową skalę. Unikalność proponowanego rozwiązania ma kluczowe znaczenie podczas aplikacji do konkursu o dofinansowanie. Okazało się że brytyjska firma SUNAMP produkuje magazyny ciepła w oparciu o PCM i posiada przedstawicielstwo handlowe na terenie Polski. Ponieważ zastosowanie materiałów zmiennofazowych mogłoby się okazać niewystarczająco unikatowe według osób odpowiedzialnych za wyłonienie zwycięzcy w naborach, nie zdecydowano się na udział w żadnym dofinansowaniu. W rezultacie nie złożono wniosku o dodatkowe środki na inwestycje, co skutkowało ograniczeniem projektu wstępnego do jednego budynku – w tym wypadku wybrano budynek firmy BIPRORAF. Drugi rozważany budynek, który obecnie jest wykorzystywany przez pracowników firmy ASE ATEX, został odrzucony, ponieważ nie jest znana jego przyszłość. Istnieje możliwość, że zostanie wyburzony aby zastąpić go nowym budynkiem o większej dopuszczalnej liczbie kondygnacji.

Kolejnym ważnym założeniem o którym należy wspomnieć jest to, że budynek firmy BIPRORAF nie wymaga modernizacji układu wentylacyjnego, ponieważ jest tam zainstalowana wentylacja mechaniczna, która działa poprawnie i nie ma powodu aby dokonywać jej modernizacji – dlatego modernizacja HVAC dotyczyła jedynie instalacji grzewczo-chłodzącej.

Projekt wstępny rozpoczęto od doboru odpowiedniego typu FCU do budynku. Przyczyną takiej kolejności było dobranie odpowiedniej temperatury zasilania i powrotu wody grzewczej i lodowej, której znajomość jest kluczowa do doboru każdego elementu instalacji. Przedstawiono 2 typy FCU zdolnych do ogrzewania oraz chłodzenia: czterorurowe posiadające osobne wymienniki na ogrzewanie/chłodzenie oraz dwururowe z jednym wymiennikiem wykorzystujące zawór sześci drogowy. Dwururowe FCU pozwala obniżyć temperaturę zasilania wody grzewczej i podwyższyć temperaturę zasilania wody lodowej. Niestety, rozwiązanie to wymaga zastosowania mniejszej różnicy temperatur między zasilaniem a powrotem wody grzewczej niż FCU czterorurowe. Parametr wody grzewczej dobrano dla FCU czterorurowego 40/30 °C a dla FCU dwururowego: 33/29 °C, co oznacza że różnica temperatur dla FCU czterorurowego jest ponad dwukrotnie większa niż dla dwururowego. W instalacji niewykorzystującej TES nie miałyby to znaczenia, ale w przypadku tego projektu

nie zdecydowano się na parametr 33/29 °C ponieważ wiązałoby się to z zastosowaniem TES o dwukrotnie większej pojemności. Dlatego zdecydowano się na dobór FCU pracujących na parametrze wody grzewczej 40/30 °C i wody lodowej 6/12 °C.

Znając parametry wody grzewczej, lodowej oraz zapotrzebowanie energetyczne zarówno na grzanie jak i chłodzenie (przyjęto 45 kW na grzanie, oraz 140 kW na chłodzenie), można było przejść do procesu doboru dwóch głównych urządzeń: pompy ciepła oraz agregatu wody lodowej. Ponieważ projekt skupia się przede wszystkim na zarządzaniu energią w instalacji grzewczej a nie chłodniczej, rozpoczęto od doboru pomp ciepła. Dobrano 3 pompy o łącznej mocy grzewczej 36 kW. Znając parametry dobranych pomp ciepła, sprawdzono ich maksymalną dostępną moc chłodniczą (ok. 40 kW), i odjęto ją od całkowitego zapotrzebowania na chłodzenie (140 kW). Do zapewnienia mocy chłodniczej wynoszącej ok. 100 kW, dobrano agregat wody lodowej o szacowanej mocy maksymalnej 115 kW.

Jako TES dobrano 2 bufory po 5000 l wypełnione wodą pracującą między temperaturami 40 °C a 30 °C. Ponieważ zdecydowano się na wariant o większej różnicy temperatur, oraz ze względu na wysokie koszty rozwiązania wykorzystującego pastylki PCM, nie przewidziano ich zastosowania wewnątrz bufora.

Na koniec, przeprowadzono analizę finansową, w której porównano wydatki na ogrzewanie stosując pompy ciepła z wykorzystaniem DTES, do instalacji korzystającej z tych samych pomp ciepła bez DTES. Oszczędności na sezon grzewczy okazały się na tyle niskie, że nawet bez szacowania pełnych kosztów inwestycyjnych uwzględniających nowe pompy ciepła oraz agregat wody lodowej inwestycja nie miałaby szans się zwrócić.

Jednym ze sposobów sposobem zwiększenia generowanych oszczędności przez TES byłoby wykorzystanie go nie tylko do magazynowania ciepła w trakcie sezonu grzewczego, ale również do magazynowania „chłodu” w trakcie sezonu letniego – dzięki temu TES mógłby pracować przez cały rok, a nie tylko w sezonie grzewczym. Jednakże, najważniejszym czynnikiem, który doprowadził do niepowodzenia projektu było analizowanie tego typu inwestycji w budynku, który aktualnie posiada sprawną instalację grzewczo-chłodzącą typu VRF, która się nie nadaje do zastosowania TES. W związku z tym, dobrano zupełnie nowe urządzenia grzewcze i chłodzące (pompy ciepła powietrze-woda oraz agregat wody lodowej). Gdyby aktualna instalacja posiadała wodę jako medium przenoszące ciepło (instalacje VRF stosują czynnik chłodniczy), byłoby możliwe znaczne obniżenie kosztów inwestycyjnych, ponieważ nie byłoby potrzeby dobierania nowych urządzeń grzewczych i chłodzących.